

## PENENTUAN LOGAM B3 DALAM CUPLIKAN INDIKATOR LINGKUNGAN (AIR, SEDIMEN, BIOTA KANGKUNG) TERESTRIAL MURIA

J Djati Pramana, Sukirno, Bambang Irianto  
P3TM-Batan, Yogyakarta

### ABSTRAK

**PENENTUAN LOGAM B3 DALAM CUPLIKAN INDIKATOR LINGKUNGAN (AIR, SEDIMEN DAN BIOTA KANGKUNG) TERESTRIAL MURIA.** Telah dilakukan analisis dan evaluasi kandungan logam B3 dalam air sungai, tumbuhan kangkung (*Ipomea reptans* poir) dan sedimen sungai dari lima lokasi sampling sungai di daerah Semenanjung Muria dengan metoda AAN Instrumental. Metode sampling, preparasi maupun analisis cuplikan mengikuti prosedur baku analisis lingkungan. Mengacu syarat baku mutu air golongan C maupun baku mutu air golongan D, cuplikan dari kelima lokasi sampling belum melampaui kadar Cd dan Co maksimum yang diijinkan. Korelasi antar variabel bebas lokasi dan jenis indikator terhadap variabel terikat konsentrasi logam berat secara statistik ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi Pearson ( $r$ ) dan diperoleh hasil interpretasi tak berkorelasi ( $0,00 < r < 0,200$ ) sampai korelasi rendah ( $r < 0,600$ ). Korelasi antar jenis indikator menunjukkan bahwa air sungai mempunyai korelasi bermakna terhadap kangkung dalam hal kandungan logam Cd.

### ABSTRACT

**DETERMINATION OF HEAVY TOXIC METALS IN THE ENVIRONMENT INDICATOR SPECIMENS (WATER, RIVER SEDIMENT AND KANGKUNG PLANT) OF MURIA TERESTRIAL.** Analysis and evaluation contain of heavy toxic metals in the water, kangkung plant (*Ipomea reptans* poir) and river sediment of five rivers sampling location at peninsula Muria region by NAA Instrumental method has been done. The method of sampling, preparation although analysis method according to standard procedure of environmental specimens analysis. Accordingly the quality standard of water group C although group D, the sample from fifth river location sampling was under allowed maximum Cd concentration. Correlation between variable location and kind of indicators to heavy metal concentration was shown by coefficient of Pearson correlation. Interpretation by statistic correlation was obtained. Correlation between kind indicators was indicated that river water has significant correlation with the kangkung plant about Cd concentration.

### PENDAHULUAN

Di negara-negara berkembang dalam membangun industri maupun mengembangkan industri yang telah ada dalam kenyataannya cenderung kurang mengindahkan pengendalian dampak pencemaran terhadap kelestarian lingkungan. Bidang-bidang lain yang berdampak serupa dapat terjadi pada kegiatan pertanian dalam penggunaan pestisida, pembangkit tenaga listrik, transportasi, industri nuklir, limbah rumah sakit sampai limbah domestik yang secara kumulatif dapat berdampak terhadap kualitas lingkungan lokal bahkan global. Perjalanan pencemar, biasanya polutan

terbawa melewati aliran sungai dari hulu yang dibawa arus menuju muara dan terkonsentrasi pada muara sungai<sup>2,5</sup>.

Berpijak pada kepentingan bersama untuk mengupayakan kualitas lingkungan, dipandang perlu untuk dilakukan pemantauan lingkungan pada daerah calon tapak PLTN yang menurut rencana akan didirikan di Semenanjung Muria. Sementara saat ini di Tanjung Jati B, Tubanan telah dibangun PLTU dan akan beroperasi pada tahun 2005. Dengan demikian kegiatan ini diharapkan dapat memberi kontribusi sebagai bagian data awal yang meliputi kegiatan monitoring dan pengumpulan data

khususnya tentang sebaran logam berat beracun berbahaya (B3) dalam indikator lingkungan air, sedimen dan biota kangkung. Ketiga indikator tersebut dapat dipandang sebagai indikator alternatif tingkat pencemaran lingkungan perairan sungai daerah *terrestrial*/perairan pantai.

Perairan Semenanjung Muria terletak di antara dua kawasan industri. Sebelah barat Semarang dan sebelah timur kawasan Gresik dengan industri besar seperti semen, petrokimia, serta industri besar lainnya. Pelepasan polutan sebagai senyawa kimia ke atmosfer, dapat terlarut bersama air hujan menuju aliran sungai ataupun air jatuhnya akan terakumulasi pada perairan pantai. Polutan dapat menyebar ke lingkungan dalam bentuk anorganik, organik maupun senyawa metal-organik dan selanjutnya dapat berinteraksi dengan media bila masuk ke lingkungan<sup>5)</sup>.

Menurut Palar H<sup>2)</sup> logam B3 adalah logam-logam yang mempunyai respons biokimia spesifik pada organisme hidup. Biasanya memiliki nomor atom 22 – 34, 40 – 50 ataupun unsur-unsur lantanida dan aktinida serta mempunyai spesifik grafity >4. Dalam jumlah sedikit unsur logam berat dapat bersifat sebagai zat esensial tubuh, tetapi dalam jumlah berlebihan dapat bersifat racun. Dalam badan perairan logam-logam pada umumnya berada dalam bentuk ion-ion, baik sebagai pasangan ion ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal. Ion-ion dapat berbentuk ion-ion bebas, pasangan ion organik, ion-ion kompleks dan bentuk-bentuk ion lainnya. Interaksi antara ion-ion logam dengan spesi kimia berbeda dalam badan perairan dikarenakan dapat terjadi reaksi hidrolisis, pengompleksan dan reaksi redoks.

Menurut Ostapzuk<sup>1)</sup> penggunaan bio-indikator dalam ekosistem akuatik seperti tanaman air, makro algae, ikan dan kerang sangat efektif untuk menentukan tingkat polusi logam-logam berbahaya termasuk di dalamnya logam kelumit. Di sini variabel biologis sangat berpengaruh yang tidak

terdapat dalam mempelajari karakteristik kimia-fisika dari air ataupun sedimen. Dengan menentukan konsentrasi unsur polutan dalam cuplikan bioindikator perairan pantai/sungai dapat diperkirakan tingkat pencemaran yang terjadi dalam periode atau rentang waktu tertentu. Disamping itu dari data yang diperoleh ada peluang untuk dilakukan prediksi ada atau tidak adanya korelasi antara beberapa macam indikator alternatif yang dipilih dalam kaitannya dengan rantai kehidupannya. Tumbuhan kangkung dipilih sebagai salah satu bioindikator yang dipersyaratkan oleh Roosbach<sup>6)</sup>, yaitu mudah untuk mengumpulkannya, mudah diperoleh dan mencerminkan bagian yang dapat mewakili ekosistem yang sedang dipantau. Tumbuhan kangkung adalah salah satu bioindikator yang telah ditetapkan dalam diversifikasi bioindikator yang dikembangkan di Indonesia, juga sebagai tanaman yang dibudidayakan, karena itu dipandang sebagai *pathway* yang dekat dengan kehidupan manusia. Bioindikator adalah organisme atau populasi organisme dimana dalam kelangsungan hidupnya memiliki daya tahan serta memberikan perubahan *respons* akibat dampak dari perubahan kondisi lingkungannya. Sebagai jenis indikator *organism monitoring* dapat mengindikasikan akumulasi logam-logam dan dapat ditentukan komposisi kimia dari spesies unsur yang ditinjau. Ditinjau dari aspek perpindahan massa polutan, khususnya konsentrasi logam B3 yang ditinjau dalam air sungai sedimen dan tumbuhan kangkung diasumsikan mempunyai korelasi yang signifikan. Hal ini dapat dilakukan menggunakan pendekatan statistik, menggunakan program aplikasi statistik SPSS 10.0.

Teknik analisis menggunakan teknik nuklir telah memberikan sumbangan terhadap penentuan unsur dalam cuplikan lingkungan. Leddicotte et al<sup>7)</sup> dan Grimanis<sup>8)</sup> mengemukakan bahwa metode analisis unsur menggunakan teknik aktivasi netron terutama dalam penentuan unsur kelumit, saat ini terus berkembang dan terbukti dapat

diterapkan dalam berbagai tujuan. Analisis kualitatif ditentukan oleh tenaga spesifik dari nuklida hasil aktivasi. Penentuan kualitatif dengan teknik AAN Instrumental dilakukan secara relatif dengan memperbandingkan laju cacah cuplikan terhadap laju cacah standar. Secara sederhana ditunjukkan oleh persamaan berikut ini :

$$W_{\text{cupl.}} = \frac{(Cps_o)_{\text{cupl.}}}{(Cps_o)_{\text{std.}}} \times W_{\text{std.}} \quad 1)$$

W = kadar unsur yang diperhatikan  
 $Cps_o$  = laju cacah saat keluar reaktor

Uji akurasi dilakukan dan dinyatakan dalam % akurasi

$$\text{Akurasi} = \frac{(K_u - K_s)}{K_s} \times 100\% \quad 2)$$

dengan  $K_u$  = kadar terukur,  $K_s$  = kadar sertifikat.

## TATA KERJA

### Bahan

Cuplikan air sungai, sedimen dan tanaman kangkung sampling dari lima lokasi sampling sungai Suru, Balong, Wareng, Kancilan, dan muara Gelis.

- Sumber standar multigamma  $^{152}\text{Eu}$
- Standar sekunder buatan Fisher dan standar primer SRM 2704 Buffalo River Sedimen

### Peralatan

Peralatan sampling, Unit spektrometer  $\gamma$  detektor GeLi dengan sistem pengolah data program Maestro II, timbangan Sartorius, fasilitas irradiasi neutron Lazy Susan Reaktor Kartini dengan fluks neutron  $5,85 \cdot 10^{10}$  neutron.cm<sup>-2</sup>.det<sup>-1</sup>, kontainer timbal, vial polyetilen dan peralatan gelas.

### Cara kerja

#### Preparasi cuplikan

Pengambilan cuplikan untuk maksud pemantauan pencemaran diambil secara periodik dan berkesinambungan. Pada kesempatan ini cuplikan diambil dari daerah

penelitian pada tanggal 23-24 Agustus 2003 dari lima titik sampling yang telah ditentukan dengan beberapa pertimbangan, sehingga dianggap representasi daerah perairan sungai Semenanjung Muria.

Metode sampling sampai preparasi masing-masing cuplikan mengikuti prosedur baku EMSB (*Environmental Monitoring Specimen Bank*). Preparasi air di laboratorium meliputi penyaringan menggunakan kertas saring, diikuti proses pemekatan/penguapan dengan pemanasan. Sedangkan cuplikan tanaman kangkung, dari penyimpanan sementara dalam freezer, dibersihkan, kemudian dilakukan penggerusan dalam suasana  $\text{N}_2$  cair, selanjutnya dikeringkan menggunakan alat pengering lampu pemanas. Setelah halus digerus kembali dan diayak menggunakan ayakan tyler lolos 100 mesh. Sedangkan untuk preparasi sedimen, pengeringan sedimen basah dengan penguapan diangin-anginkan sampai keadaan kering. Setelah cuplikan kering dilakukan homogenisasi dengan penggerusan dan pengayakan menggunakan ayakan Tyler lolos 100 mesh. Cuplikan padat dan standar dengan berat masing-masing 0,1 gram dan cuplikan air 0,2 ml masing-masing dimasukkan ke dalam vial polyetilen siap diiradiasi bersama standar primer dan standar sekunder.

#### Iradiasi cuplikan

Cuplikan bersama standar diiradiasi bersama dalam satu kelongsong untuk mengeliminir pengaruh perbedaan fluks dari masing-masing nomor lubang iradiasi. Radiasi selama 12 jam dalam fasilitas iradiasi Lazy Susan Reaktor Kartini. Lama pendinginan disesuaikan dengan umur paro masing-masing unsur yang ditinjau. Pencacahan radioaktivitas imbas dilakukan menggunakan spektrometer  $\gamma$  dengan detektor GeLi buatan EG & G ORTEC dengan waktu cacah 600 detik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kualitatif logam berat beracun dapat ditentukan logam-logam Cr,

Cd, Fe, Co dan Sb. Dari histogram perbandingan konsentrasi logam teridentifikasi dalam cuplikan air sungai, terlihat bahwa konsentrasi Fe tertinggi pada lokasi sampling sungai Muara Gelis dengan konsentrasi  $1,4 \pm 0,02 \mu\text{g/g}$ , logam Cd pada air sungai Kancilan sebesar  $(2,9 \pm 0,6) \cdot 10^{-4} \mu\text{g/g}$  dan logam Cr pada air Muara Gelis sebesar  $(42 \pm 7,5) \cdot 10^{-3} \mu\text{g/g}$ , logam Co dan Sb juga air sungai Gelis dengan konsentrasi masing-masing  $(38 \pm 6,2) \cdot 10^{-2} \mu\text{g/g}$  dan  $(2,3 \pm 0,8) \cdot 10^{-2} \mu\text{g/g}$ .

Dari histogram perbandingan konsentrasi logam teridentifikasi dalam cuplikan biota kangkung (Gambar 2) konsentrasi Cd tertinggi dari lokasi sampling sungai Gelis  $(19 \pm 3,5) \cdot 10^{-1} \mu\text{g/g}$ , sedangkan terendah pada sungai Balong sebesar  $(3,67 \pm 0,35) \cdot 10^{-1} \mu\text{g/g}$ . Untuk Cr tertinggi pada sampel sungai Kancilan sebesar  $(26,3 \pm 0,91) \cdot 10^{-1} \mu\text{g/g}$ , terendah sungai Suru  $(5,6 \pm 0,9) \cdot 10^{-1} \mu\text{g/g}$ , untuk logam Co tertinggi dari sungai Kancilan sebesar  $(25 \pm 6,2) \cdot 10^{-1} \mu\text{g/g}$ , terendah sungai Suru sebesar  $(2,3 \pm 0,3) \cdot 10^{-1} \mu\text{g/g}$ , untuk Fe tertinggi  $(43 \pm 4,7) \cdot 10^{-1} \mu\text{g/g}$  pada sungai Balong, terendah sungai Suru  $(2,5 \pm 0,4) \cdot 10^{-1} \mu\text{g/g}$ , sedangkan untuk logam Sb tertinggi pada sample dari muara sungai Gelis sebesar  $(12 \pm 3,4) \cdot 10^{-3} \mu\text{g/g}$ , terendah  $(0,9 \pm 0,2) \cdot 10^{-3} \mu\text{g/g}$  dari lokasi sampling sungai Kancilan.

Untuk cuplikan sedimen sungai terlihat dari histogram perbandingan logam B3 teridentifikasi sebagai berikut : Konsentrasi unsur Cd tertinggi terdapat dalam sedimen dari lokasi sampling sungai Kancilan sebesar  $(12 \pm 1,3) \cdot 10^{-1} \mu\text{g/g}$ , untuk Cr tertinggi sungai Wareng sebesar  $1,2 \pm 0,3 \mu\text{g/g}$ , terendah  $131,32 \pm 0,1840 \mu\text{g/g}$ , Untuk logam Co tertinggi sungai Suru sebesar  $1,92 \pm 0,16 \mu\text{g/g}$ , terendah sungai Wareng sebesar  $0,3 \pm 0,1 \mu\text{g/g}$ , logam Fe tertinggi sungai Kancilan sebesar  $(41 \pm 5,2) \%$  terendah muara sungai Suru sebesar  $(13 \pm 2,9) \%$ . Sedangkan untuk logam Sb tertinggi pada lokasi sampling sungai

Kancilan sebesar  $(12 \pm 0,31 \mu\text{g/g}$ , terendah pada lokasi sampling sungai Wareng sebesar  $(1,1 \pm 0,1) \mu\text{g/g}$ .

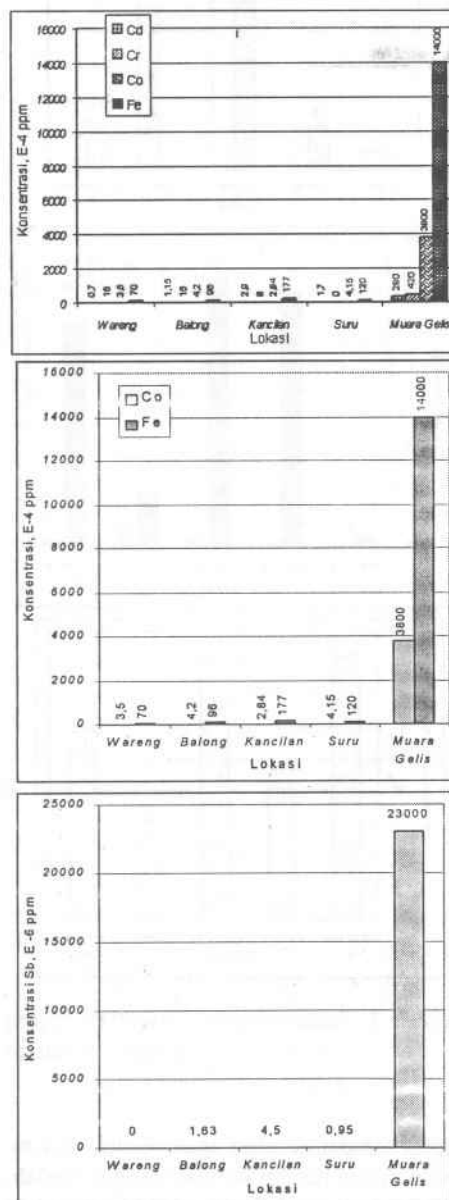
Dari hasil uji validasi dari kelima logam teridentifikasi memberikan presisi dan akurasi dalam rentang yang cukup baik. Data pengujian akurasi menggunakan standar primer SRM-2704 Buffalo River Sedimen diberikan pada tabel 1.

Menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. Kep-02/MEN.KLH/I/1998 tentang baku mutu air Golongan C, ditinjau konsentrasi logam berat Cd pada air sungai dari kelima lokasi sampling masih berada di bawah kadar maksimum yang diperkenankan sebesar  $0,01 \text{ mg/l}$ .

Sedangkan pada baku mutu air golongan D (air pertanian, perkotaan, industri dan industri tenaga air) kadar logam Cd dan Co dalam air sungai kelima sungai tersebut juga belum melampaui kadar maksimum yang diperkenankan yaitu  $0,01 \text{ mg/l}$  untuk Cd dan  $0,2 \text{ mg/l}$  untuk Co. Kandungan logam berat pada suatu perairan ataupun badan sungai akan selalu berubah-ubah. Hal ini disebabkan kondisi air sungai yang bersifat labil yang sangat dipengaruhi oleh adanya pergerakan arus, tinggi curah hujan, suhu, pH dan perubahan kondisi lingkungan yang dipengaruhi oleh masuknya polutan ke badan air sungai.

Secara umum konsentrasi logam B3 dalam cuplikan air sungai seperti terlihat pada histogram di atas terlihat adanya kecenderungan kandungan logam dari lokasi sampling sungai Gelis relatif lebih tinggi. Korelasi antara kandungan logam B3 dalam air sungai, kangkung dan sedimen sungai sebagai satu mata rantai rangkaian pencemaran dapat diinterpretasikan menggunakan pendekatan statistik. Sebagai variabel bebas dipilih jenis indikator yaitu air sungai, tumbuhan kangkung dan sedimen. Variabel kedua adalah lokasi yang meliputi ke lima lokasi sampling, sedangkan

variabel terikat ditentukan konsentrasi logam B3 dalam masing-masing cuplikan.



Gambar 1. Perbandingan konsentrasi logam Fe, Cr, Cd, Co dan Sb dalam cuplikan air sungai

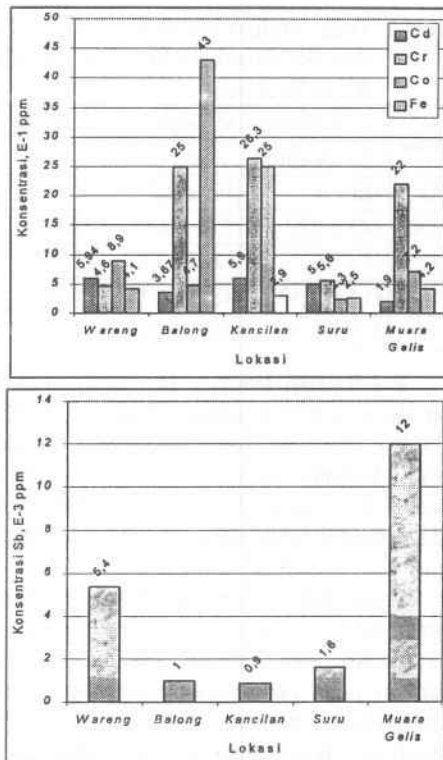
Tabel 1. Data Analisis Unsur Cr, Cd, Co, Fe dan Sb dalam SRM-2704 Buffalo River Sediment

Unsur	Kadar rata-rata (mg/kg)		Akurasi, (%)
	Sertifikat (Cs)	Hasil ukur (Cu)	
Cr	135 ± 5	144 ± 2,2	6,67
Cd	3.45 ± 0.22	2,75 ± 0.12	20,28
Co	14 ± 0.6	12,28 ± 0.98	12,28
Fe	41 100 ± 10	43 260 ± 14	5.26
Sb	3.79 ± 0,15	4.07 ± 0.02	7.38

Pendekatan statistik ini dapat dilakukan dengan menggunakan program *SPSS-10.0 for Windows* untuk menentukan interpretasi korelasi antar variabel dari nilai *r* (koefisien korelasi). Secara praktis diperoleh data output setelah disusun data pada data editor.

Didasarkan pada fenomena transfer logam sebagai polutan dari air sungai – mengendap dan terikat melalui proses adsorpsi pada permukaan partikel-partikel, terendapkan bersama dalam sedimen kemudian akan diserap oleh tumbuhan kangkung. Sebagai tumbuhan, kangkung hidup sangat dipengaruhi oleh lingkungannya. Lingkungan di sini diartikan sebagai media atau areal setempat yang di dalamnya terdapat suatu ekosistem yang saling berkorelasi. Oleh karena itu bila dipandang mata rantai ekosistem air sungai - sedimen - tumbuhan kangkung pada daerah tertentu dapat diprediksi tingkat korelasinya dengan meninjau kandungan logam atau unsur tertentu dari ketiga indikator lingkungan tersebut.

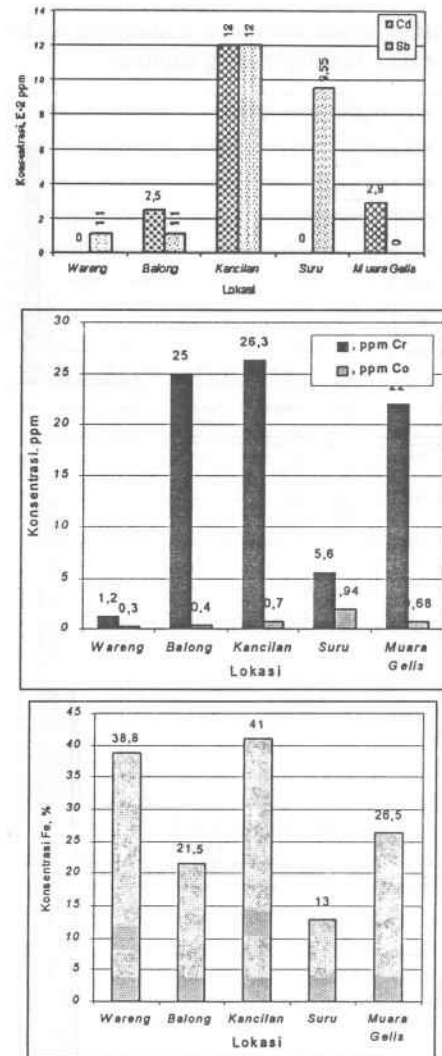




Gambar 2. Perbandingan konsentrasi logam Fe, Cr, Cd, Co dan Sb dalam cuplikan biota kangkung

Logam berat akan diserap oleh tumbuhan kangkung bersama unsur hara dan terakumulasi pada akar, batang maupun daun. Dengan asumsi ini maka dapat diprediksi korelasi antara variabel maupun faktor variabel yang terlibat.

Menurut Sutrisno ukuran korelasi konservatif diklasifikasikan sebagai interpretasi korelasi tinggi ( $0,800 < r < 1,000$ ), cukup ( $0,600 < r < 0,800$ ), agak rendah ( $0,400 < r < 0,600$ ), rendah ( $0,200 < r < 0,400$ ) dan sangat rendah/tak berkorelasi ( $0,00 < r < 0,200$ ). Dari sajian analisis korelasi Pearson pada tabel 3 di atas dapat diprediksikan bahwa variabel lokasi tidak berkorelasi ( $r = 0,00$ ) terhadap indikator. Sedangkan prediksi korelasi antara variabel lokasi terhadap kandungan logam Cd, Cr, Co, Fe dan Sb berada pada tingkat korelasi



Gambar 3. Perbandingan konsentrasi logam Fe, Cr, Cd, Co dan Sb dalam cuplikan sedimen sungai

negatif sampai korelasi agak rendah. Secara umum menunjukkan korelasi sangat rendah. Demikian juga halnya prediksi korelasi antara variabel bebas indikator terhadap konsentrasi logam.

Tabel 2. Output data korelasi Pearson antar variabel jenis indikator

		Air sungai	Kangkung	Sedimen
Air sungai	Pearson	1,000	,988**	-,270
	Correlation			
	Sig. (2-tailed)		,002	,917
	N	5	5	5
Kangkung	Pearson	,988**	1,000	-,019
	Correlation			
	Sig. (2-tailed)	,002		,976
	N	5	5	5
Sedimen	Pearson	-,065	-,019	1,000
	Correlation			
	Sig. (2-tailed)	,917	,976	
	N	5	5	5

\*\* Correlation is significant at the 0,01 level(2-tailed)

Terlihat bahwa kandungan Cd dalam air sungai mempunyai koefisien korelasi Pearson  $r = 0,988$ . Hal ini menunjukkan bahwa ada korelasi bermakna positif antara kandungan logam Cd dalam air sungai terhadap kandungan Cd dalam bioindikator kangkung. Keadaan sebaliknya tidak terdapat korelasi ( $r = -0,019$ ) antara kandungan Cd dalam sedimen terhadap kandungan Cd dalam kangkung. Sedangkan korelasi ketiga jenis indikator terhadap kandungan logam-logam Cr, Co, Fe dan Sb diinterpretasikan tidak mempunyai korelasi yang bermakna.

### KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan dengan memperbandingkan histogram konsentrasi kandungan logam B3 Cd, Cr, Co, Fe dan Sb, konsentrasi tertinggi terdistribusikan secara acak. Konsentrasi tertinggi untuk cuplikan air sungai secara umum terdapat pada cuplikan dari lokasi sampling sungai Gelis, namun demikian masih berada di bawah batas konsentrasi logam Cd dan Cr yang dipersyaratkan sebagai air golongan C dan D. Pengamatan lebih lanjut untuk mempelajari fenomena transfer masa logam teridentifikasi dari air sungai - sedimen - kangkung ternyata memberikan kenyataan bahwa variabel lokasi dan jenis indikator tidak memberikan korelasi yang bermakna, kecuali untuk

hubungan antara air sungai dan kangkung terhadap kadar Cd.

### DAFTAR PUSTAKA

1. MUNN RE, Environmental Impact Assesment, Principles and Procedure, *Institute for Environmental Studies, The University of Toronto, John Willey & Sons (1977).*
2. PALAR H, Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, *Rineka Cipta, Jakarta 1994.*
3. SCHLADOT JD, Monitoring and Sampling of Adequate Biological Samples for Environmental Specimens Bank (ESB) Purpose, *Proceeding of Indonesia-German Symposium on Environmental Monitoring and Specimen Bank, Yogyakarta 12 - 13 Dec. (1995).*
4. OPTASPCZUK P, Biological Indicators in Aquatic Ecosystem, *Proceeding of Indonesia-German Symposium on Environmental Monitoring and Specimens Bank, Yogyakarta 12 13 Dec. (1995).*
5. SOEMARWOTO O, Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan, *Penerbit Djambatan, Edisi ke-dua (1985.)*
6. ROOSBACH M, Bioindicators from Terrestrial Ecosystem for Environmental Monitoring, *Proceeding of Indonesia-German Symposium on Environmental Monitoring and Specimens Bank, Yogyakarta 12 13 Dec. (1995).*
7. LEDDICOTTE, G.W, at al., The Use of Neutron Activation Analisys in Analytical Chemistry, USA, 1958.
8. GRIMANIS A.P., "Neutron Activation Analysis In Greece", Significance and Impact of Nuclear Research In Developing Countries., IAEA, VIENNA, 1987.
9. HADI S, Metodologi Research jilid 3, *Andi Offset Yogyakarta (2000).*
10. SANTOSO S, SPSS Pengolahan Data Statistik Secara Profesional, *PT Elex Media Komputindo, Jakarta (1999).*
11. SUSETYO W, Spektrometer Gamma, *Gama Press Yogyakarta (1988).*